

Docket No.: 50212-577

PATENT

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Inventor Application of	:	Customer Number: 20277
Toshiyuki MIYAMOTO, et al.	:	Confirmation Number: 1384
Serial No.: 10/792,034	:	Group Art Unit: 3663
Filed: March 04, 2004	:	Examiner: Not yet assigned
For: OPTICAL TRANSMISSION SYSTEM	:	

TRANSMITTAL OF CERTIFIED PRIORITY DOCUMENTS

Mail Stop Missing Parts
Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

At the time the above application was filed, priority was claimed based on the following applications:

Japanese Patent Application No. 2003-057575, filed March 4, 2003

and

Japanese Patent Application No. 2004-05228, filed February 26, 2004.

A copy of each priority application listed above is enclosed.

Respectfully submitted,

MCDERMOTT WILL & EMERY LLP

Arthur J. Steiner
Registration No. 26,106

600 13th Street, N.W.
Washington, DC 20005-3096
(202) 756-8000 AJS:etp
Facsimile: (202) 756-8087
Date: July 20, 2004



50212-577
10/792,034
March 4, 2004
MIYAMOTO et al.

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

McDermott Will & Emery LLP

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 3 月 4 日
Date of Application:

出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 0 5 7 5 7 5
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 3 - 0 5 7 5 7 5]

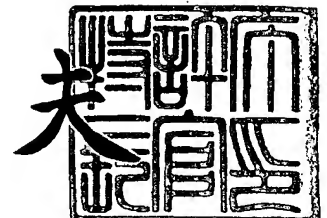
出 願 人 住友電気工業株式会社
Applicant(s):

**CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT**

2 0 0 4 年 5 月 2 4 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 103Y0079

【提出日】 平成15年 3月 4日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H04B 1/00

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市栄区田谷町 1 番地 住友電気工業株式会
社横浜製作所内

【氏名】 宮本 敏行

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市栄区田谷町 1 番地 住友電気工業株式会
社横浜製作所内

【氏名】 田中 正人

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市栄区田谷町 1 番地 住友電気工業株式会
社横浜製作所内

【氏名】 奥野 俊明

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市栄区田谷町 1 番地 住友電気工業株式会
社横浜製作所内

【氏名】 小林 潤子

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市栄区田谷町 1 番地 住友電気工業株式会
社横浜製作所内

【氏名】 重松 昌行

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市栄区田谷町 1 番地 住友電気工業株式会
社横浜製作所内

【氏名】 西村 正幸

【特許出願人】

【識別番号】 000002130

【氏名又は名称】 住友電気工業株式会社

【代理人】

【識別番号】 100088155

【弁理士】

【氏名又は名称】 長谷川 芳樹

【選任した代理人】

【識別番号】 100089978

【弁理士】

【氏名又は名称】 塩田 辰也

【選任した代理人】

【識別番号】 100092657

【弁理士】

【氏名又は名称】 寺崎 史朗

【選任した代理人】

【識別番号】 100110582

【弁理士】

【氏名又は名称】 柴田 昌聰

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 014708

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0106993

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光伝送システム

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 正のチャープを有する信号光を出力する信号光源と、
前記信号光を伝送する光ファイバ伝送路と、
前記信号光源と前記光ファイバ伝送路との間に設けられ、前記信号光の波長において波長分散が負である増幅用光ファイバを含み、この増幅用光ファイバにおいて前記信号光をラマン増幅するラマン増幅器と
を備えることを特徴とする光伝送システム。

【請求項 2】 前記増幅用光ファイバにおける前記信号光の位相シフト量 Φ_{LRA} が、前記光ファイバ伝送路における前記信号光の位相シフト量 Φ_T の $1/2$ 以上であることを特徴とする請求項 1 記載の光伝送システム。

【請求項 3】 前記増幅用光ファイバの波長 1550 nm における非線形屈折率 n_2 と実効断面積 A_{eff} との比 (n_2/A_{eff}) が $1.7 \times 10^{-9}/\text{W}$ 以上であることを特徴とする請求項 1 記載の光伝送システム。

【請求項 4】 前記増幅用光ファイバの波長 1550 nm における伝送損失が 0.7 dB/km 以下であることを特徴とする請求項 1 記載の光伝送システム。

【請求項 5】 前記増幅用光ファイバの波長 1390 nm 付近における OH 基に因る伝送損失の増加が 0.5 dB/km 以下であることを特徴とする請求項 1 記載の光伝送システム。

【請求項 6】 前記増幅用光ファイバの前記信号光の波長における波長分散が -20 ps/nm/km 以下であることを特徴とする請求項 1 記載の光伝送システム。

【請求項 7】 前記信号光の波長間隔が 10 nm 以上であり、前記増幅用光ファイバの前記信号光の波長における波長分散が -10 ps/nm/km 以下であることを特徴とする請求項 1 記載の光伝送システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、信号光を伝送するとともに該信号光をラマン増幅する光伝送システムに関するものである。

【0002】**【従来の技術】**

光伝送システムは、光送信器から出力された信号光を光ファイバ伝送路により伝送して、その信号光を光受信器において受信するものであり、大容量の情報を高速に送受信することができる。また、光ファイバ伝送路を信号光が伝搬する間に該信号光が損失を被ることから、信号光を光増幅する為に光増幅器が設けられる。光増幅器のうちのラマン増幅器は、励起光波長を適切に設定することにより、任意の波長の信号光をラマン増幅することができ、光増幅の利得帯域を広くすることができる。

【0003】

また、光送信器に含まれる信号光源は、例えば、レーザダイオードを含み、このレーザダイオードを直接変調することで信号光を発生させる。このような直接変調されたレーザダイオードから出力される信号光は、正のチャープを有している。この信号光が有する正のチャープを補償する技術が非特許文献1に記載されている。非特許文献1に記載された技術では、信号光を光ファイバ伝送路に伝送させて、その光ファイバ伝送路における非線形光学現象の一種である自己位相変調に因り、信号光が有する正のチャープを補償する。このように、信号光源から出力される信号光が有する正のチャープを補償することにより、伝送特性の改善が可能となる。

【0004】**【非特許文献1】**

J. Jeong, et al., IEEE Photonics Technology Letters, Vol.10, No.9 (1998)

【0005】**【発明が解決しようとする課題】**

しかしながら、上記の非特許文献1に記載された技術では、光ファイバ伝送路

における自己位相変調を利用するものであることから、伝送特性を充分には改善することができない。

【0006】

本発明は、上記問題点を解消する為になされたものであり、優れた伝送特性で信号光を伝送することができる光伝送システムを提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】

本発明に係る光伝送システムは、(1) 正のチャープを有する信号光を出力する信号光源と、(2) 信号光を伝送する光ファイバ伝送路と、(3) 信号光源と光ファイバ伝送路との間に設けられ、信号光の波長において波長分散が負である増幅用光ファイバを含み、この増幅用光ファイバにおいて信号光をラマン増幅するラマン増幅器とを備えることを特徴とする。この光伝送システムでは、信号光源から出力された信号光は、ラマン増幅器によりラマン増幅された後に、光ファイバ伝送路により伝送される。信号光源から出力された信号光が有する正のチャープは、増幅用光ファイバが有する負の波長分散により補償され、また、増幅用光ファイバにおける自己位相変調によっても補償されるので、この光伝送システムは優れた伝送特性で信号光を伝送することができる。

【0008】

本発明に係る光伝送システムは、増幅用光ファイバにおける信号光の位相シフト量 Φ_{LRA} が、光ファイバ伝送路における信号光の位相シフト量 Φ_T の $1/2$ 以上であるのが好適である。この場合には、増幅用光ファイバにおける自己位相変調に因る信号光の正のチャープの補償の効果が大きい。

【0009】

本発明に係る光伝送システムは、増幅用光ファイバの波長 1550 nm における非線形屈折率 n_2 と実効断面積 A_{eff} との比 (n_2/A_{eff}) が $1.7 \times 10^{-9}/\text{W}$ 以上であるのが好適である。この場合にも、増幅用光ファイバにおける自己位相変調に因る信号光の正のチャープの補償の効果が大きい。

【0010】

本発明に係る光伝送システムは、増幅用光ファイバの波長 1550 nm におけ

る伝送損失が 0.7 dB/km 以下であるのが好適である。この場合には、信号光波長における伝送損失が小さいことから、ラマン増幅を高効率に行なうことができる。

【0011】

本発明に係る光伝送システムは、増幅用光ファイバの波長 1390 nm 付近におけるOH基に因る伝送損失の増加が 0.5 dB/km 以下であるのが好適である。この場合には、励起光波長における伝送損失が小さいことから、ラマン増幅を高効率に行なうことができる。

【0012】

本発明に係る光伝送システムは、増幅用光ファイバの信号光の波長における波長分散が -20 ps/nm/km 以下であるのが好適である。この場合には、増幅用光ファイバが有する負の波長分散に因る信号光の正のチャープの補償の効果が大きい。

【0013】

本発明に係る光伝送システムは、信号光の波長間隔が 10 nm 以上であり、増幅用光ファイバの信号光の波長における波長分散が -10 ps/nm/km 以下であるのが好適である。この場合には、非線形光学現象の一種である四光波混合や相互位相変調の発生が抑制され、伝送特性が優れたものとなる。

【0014】

【発明の実施の形態】

以下、添付図面を参照して本発明の実施の形態を詳細に説明する。なお、図面の説明において同一の要素には同一の符号を付し、重複する説明を省略する。

【0015】

図1は、本実施形態に係る光伝送システム1の構成図である。この図に示される光伝送システム1は、信号光源10、ラマン増幅器20、光ファイバ伝送路30および光受信器40を備える。信号光源10は、レーザダイオードを含み、このレーザダイオードを直接変調することで、正のチャープを有する信号光を出力する。ラマン増幅器20は、信号光源10から出力された信号光を入力して、この信号光をラマン増幅して出力する。光ファイバ伝送路30は、ラマン増幅器2

0 から出力された信号光を光受信器 40 へ伝送する。また、光受信器 40 は、光ファイバ伝送路 30 により伝送されて到達した信号光を受信する。

【0016】

図 2 は、本実施形態に係る光伝送システム 1 に含まれるラマン増幅器 20 の構成図である。この図に示されるラマン増幅器 20 は、光入射端 101 に入力した信号光をラマン増幅し、そのラマン増幅した信号光を光出射端 102 から出力する。ラマン増幅器 20 は、光入射端 101 から光出射端 102 へ至る信号光伝搬経路上に、光カップラ 111、光アイソレータ 121、増幅用光ファイバ 130、光カップラ 112、光アイソレータ 122 および光カップラ 113 を順に備える。また、このラマン増幅器 20 は、光カップラ 111 に接続されたフォトダイオード 141、光カップラ 113 に接続されたフォトダイオード 143a および 143b、光カップラ 112 に接続された光合波器 150、光合波器 150 に接続されたレーザダイオード 152a および 152b、ならびに、ラマン増幅器 20 の光増幅動作を制御する制御部 160 をも備える。

【0017】

光カップラ 111 は、光入射端 101 に入力した信号光の一部を分岐してフォトダイオード 141 へ出力し、残部を光アイソレータ 121 へ出力する。フォトダイオード 141 は、光カップラ 111 から到達した信号光を受光して、入力信号光パワーに応じた電気信号を出力し、その電気信号を制御部 160 へ出力する。

【0018】

光カップラ 113 は、光アイソレータ 122 から到達した信号光の一部を分岐してフォトダイオード 143a へ出力し、残部を光出射端 102 へ出力する。フォトダイオード 143a は、光カップラ 113 から到達した信号光を受光して、出力信号光パワーに応じた電気信号を出力し、その電気信号を制御部 160 へ出力する。

【0019】

また、光カップラ 113 は、光出射端 102 から到達した光の一部を分岐してフォトダイオード 143b へ出力し、残部を光アイソレータ 122 へ出力する。フォトダイオード 143b は、光カップラ 113 から到達した光を受光して、その光

パワーに応じた電気信号を出力し、その電気信号を制御部 1 6 0 へ出力する。

【0 0 2 0】

光カップラ 1 1 2 は、光合波器 1 5 0 から出力された励起光を入力して、この励起光を増幅用光ファイバ 1 3 0 に供給する。また、光カップラ 1 1 2 は、増幅用光ファイバ 1 3 0 から出力された信号光を入力して、この信号光を光アイソレータ 1 2 2 へ出力する。

【0 0 2 1】

光アイソレータ 1 2 1, 1 2 2 は、光入射端 1 0 1 から光出射端 1 0 2 へ向かう順方向に光を通過させるが、逆方向には光を通過させない。

【0 0 2 2】

レーザダイオード 1 5 2 a, 1 5 2 b それぞれはラマン増幅用の励起光を出力するものであり、各々の励起光波長は互いに異なる。レーザダイオード 1 5 2 a, 1 5 2 b それぞれは、ファイバグレーティングとともに用いられて外部共振器を構成しているのが好適であり、この場合には、安定した波長で励起光を出力することができる。また、同一波長の励起光を出力する 2 つのレーザダイオードを用い、これら 2 つのレーザダイオードそれぞれから出力された励起光を偏波合成して出力するのが好適であり、この場合には、励起光パワーを大きくすることができる。光合波器 1 5 0 は、レーザダイオード 1 5 2 a, 1 5 2 b それぞれから出力された励起光を合波し、その合波した励起光を光カップラ 1 1 2 へ出力する。

【0 0 2 3】

制御部 1 6 0 は、フォトダイオード 1 4 1, 1 4 3 a および 1 4 3 b それぞれから出力された電気信号を入力して、これらの電気信号に基づいて、レーザダイオード 1 5 2 a および 1 5 2 b それぞれからの励起光の出力を制御する。

【0 0 2 4】

増幅用光ファイバ 1 3 0 は、光カップラ 1 1 2 から励起光が供給されるとともに、光アイソレータ 1 2 1 から出力された信号光を入力して、この信号光をラマン増幅し、そのラマン増幅した信号光を光カップラ 1 1 2 へ出力する。この増幅用光ファイバ 1 3 0 は、信号光源 1 0 と光ファイバ伝送路 3 0 との間に設けられていて、信号光の波長において波長分散が負である。

【0025】

このラマン増幅器 20 は以下のように動作する。レーザダイオード 152 a, 152 b から出力された励起光は、光合波器 150 により合波され、光カップラ 112 を経て、増幅用光ファイバ 130 へ後方より供給される。光入射端 101 に入力した信号光は、光カップラ 111 および光アイソレータ 121 を経て増幅用光ファイバ 130 に入力し、この増幅用光ファイバ 130 においてラマン増幅される。このラマン増幅された信号光は、光カップラ 112、光アイソレータ 122 および光カップラ 113 を経て、光出射端 102 から出力される。

【0026】

光入射端 101 に入力した信号光の一部は、光カップラ 111 により分岐されてフォトダイオード 141 に入力し、このフォトダイオード 141 により受光されて、その受光量に応じた電気信号がフォトダイオード 141 から出力される。光出射端 102 から出力される信号光の一部は、光カップラ 113 により分岐されてフォトダイオード 143 a に入力し、このフォトダイオード 143 a により受光されて、その受光量に応じた電気信号がフォトダイオード 143 a から出力される。光出射端 102 から光アイソレータ 122 へ向かう光は、光カップラ 113 により分岐されてフォトダイオード 143 b に入力し、このフォトダイオード 143 b により受光されて、その受光量に応じた電気信号がフォトダイオード 143 b から出力される。

【0027】

制御部 160 では、フォトダイオード 141 から出力された電気信号に基づいて入力信号光パワーがモニタされ、フォトダイオード 143 a から出力された電気信号に基づいて出力信号光パワーがモニタされ、フォトダイオード 143 b から出力された電気信号に基づいて戻り光パワーがモニタされる。この戻り光パワーは、光出射端 102 が接続状態および開放状態の何れにあるかを表している。そして、制御部 160 による制御により、入力信号光パワーが或る閾値以下である場合、または、戻り光パワーが或る閾値以上である場合に、レーザダイオード 152 a, 152 b は、励起光の出力パワーが低減され、或いは、励起光の出力が停止される。また、出力信号光パワーと入力信号光パワーとの比に基づいて、

ラマン増幅の利得が所望値となるように、レーザダイオード 152a, 152b は励起光の出力パワーが調整される。

【0028】

そして、図 1 に示される光伝送システム 1 全体では、信号光源 10 から出力された信号光は、ラマン増幅器 20 によりラマン増幅された後に、光ファイバ伝送路 30 を伝搬して光受信器 40 に到達し、この光受信器 40 により受信される。

【0029】

特に、本実施形態では、信号光源 10 から出力された信号光は正のチャープを有しており、一方、ラマン増幅器 20 に含まれる増幅用光ファイバ 130 の波長分散は信号光波長において負である。また、増幅用光ファイバ 130 は、非線形光学現象の一種である誘導ラマン散乱を利用して信号光をラマン増幅するものであるから、非線形性が大きく、自己位相変調も発生し易い。したがって、信号光源 10 から出力された信号光が有する正のチャープは、増幅用光ファイバ 130 が有する負の波長分散により補償され、また、増幅用光ファイバ 130 における自己位相変調によっても補償される。それ故、本実施形態に係る光伝送システム 1 は、伝送特性が優れたものとなる。

【0030】

なお、増幅用光ファイバ 130 は以下の要件を満たすものであるのが更に好適である。増幅用光ファイバ 130 における信号光の位相シフト量 Φ_{LRA} は、光ファイバ伝送路 30 における信号光の位相シフト量 Φ_T の $1/2$ 以上であるのが好適である。この場合には、増幅用光ファイバ 130 における自己位相変調に因る信号光の正のチャープの補償の効果が大きい。

【0031】

ここで、位相シフト量 Φ は、

【0032】

【数 1】

$$\Phi = \frac{2\pi}{\lambda} \int_0^L \frac{n_2(z)}{A_{\text{eff}}(z)} P_{\text{signal}}(z) dz \quad \dots (1)$$

なる式で表される。この式において、 z は、光ファイバ（長さ L ）の長手方向に沿った位置を表す変数であり、 $n_2(z)$ は、位置 z における光ファイバの非線形屈折率であり、 $A_{\text{eff}}(z)$ は、位置 z における光ファイバの実効断面積であり、 $P_{\text{signal}}(z)$ は、位置 z における光ファイバ中の信号光パワーである。

【0033】

また、増幅用光ファイバ130の波長1550nmにおける非線形屈折率 n_2 と実効断面積 A_{eff} との比（ n_2/A_{eff} ）は、大きいほど好ましく、 $1.7 \times 10^{-9}/W$ 以上であるのが好適であり、 $3.0 \times 10^{-9}/W$ 以上であれば更に好適である。また、非線形屈折率 n_2 は、 $3.5 \times 10^{-20} m^2/W$ 以上であるのが好適であり、 $4.5 \times 10^{-20} m^2/W$ 以上であれば更に好適である。実効断面積 A_{eff} は、 $30 \mu m^2$ 以下であるのが好適であり、 $15 \mu m^2$ 以下であれば更に好適である。このような場合には、増幅用光ファイバ130の非線形性が大きく、増幅用光ファイバ130における自己位相変調に因る信号光の正のチャープの補償の効果が大きい。

【0034】

また、増幅用光ファイバ130の波長1550nmにおける伝送損失は0.7 dB/km以下であるのが好適である。また、増幅用光ファイバ130の波長1390nm付近におけるOH基に因る伝送損失の増加は0.5 dB/km以下である。これらの場合には、信号光波長および励起光波長の双方において増幅用光ファイバ130の伝送損失が小さいことから、ラマン増幅を高効率に行なうことができる。

【0035】

また、増幅用光ファイバ130の信号光の波長における波長分散は、 $-20 p$

$s/nm/km$ 以下であるのが好適であり、 $-60ps/nm/km$ 以下であれば更に好適である。この場合には、増幅用光ファイバ130が有する負の波長分散に因る信号光の正のチャープの補償の効果が大きい。また、増幅用光ファイバ130は、光ファイバ伝送路30が有する正の波長分散を効率的に補償することができる。

【0036】

また、信号光の波長間隔は $10nm$ 以上であり、増幅用光ファイバ130の信号光の波長における波長分散は $-10ps/nm/km$ 以下である。この場合には、非線形光学現象の一種である四光波混合や相互位相変調の発生が抑制され、伝送特性が優れたものとなる。

【0037】

また、増幅用光ファイバ130と他の光ファイバとの間の接続損失は $0.5dB$ 以下であるのが好適であり、この場合には、ラマン増幅の効率が優れる。

【0038】

また、ラマン増幅器20内における位相シフト量 Φ_{LRA} が大きいほど、信号光の伝送特性を改善することができる。ただし、ラマン増幅器20の内部および光ファイバ伝送路30の入射端において誘導ブリルアン散乱が発生しない程度に、ラマン増幅器20における光増幅の利得が設定されるのが好適である。

【0039】

図3は、本実施形態に係る光伝送システム1の効果を確認する為の実験系を示す図である。図4は、本実施形態に係る光伝送システム1の効果を確認する為の実験系を用いた実験結果を示すグラフである。図3に示された実験系では、図1に示された光伝送システム1において、光ファイバ伝送路30と光受信器40との間に可変光アッテネータ50および光フィルタ60を挿入した。信号光源10から出力される信号光は、ビットレートを $2.5Gbps$ とし、波長を $1550nm$ とした。ラマン増幅器20に替えてEr元素添加光ファイバ増幅器を用いた場合についても評価した。ラマン増幅器20（またはEr元素添加光ファイバ増幅器）から出力される信号光パワーを $10dBm$ とした。光ファイバ伝送路30は、波長 $1.3\mu m$ 付近に零分散波長を有する標準的なシングルモード光ファイ

バ (SMF) とし、長さを 0 km, 40 km, 60 km, 80 km および 100 km それぞれとした。図 4 に示されるように、ラマン増幅器 (LRA) および Er 元素添加光ファイバ増幅器 (EDFA) の何れの場合にも、光ファイバ伝送路 30 が長いほど、パワーペナルティは悪い。しかし、Er 元素添加光ファイバ増幅器 (EDFA) の何れの場合と比較すると、増幅用光ファイバにおいて自己位相変調が発生し易いラマン増幅器 (LRA) の場合の方が、パワーペナルティは優れている。

【0040】

図 5 は、本実施形態に係る光伝送システム 1 における信号光伝送経路上の信号光パワー P_{signal} の分布を示す図である。図 6 は、本実施形態に係る光伝送システム 1 に含まれる増幅用光ファイバ 130 および光ファイバ伝送路 30 それぞれの諸元を纏めた図表である。増幅用光ファイバ 130 は、非線形屈折率 n_2 を $5.3 \text{ m}^2/\text{W}$ とし、波長 1550 nm における実効断面積 A_{eff} を $9 \mu\text{m}^2$ とし、長さを 3 km とし、波長 1550 nm における伝送損失を 0.53 dB/km とした。光ファイバ伝送路 30 は、非線形屈折率 n_2 を $2.9 \text{ m}^2/\text{W}$ とし、波長 1550 nm における実効断面積 A_{eff} を $85 \mu\text{m}^2$ とし、長さを 100 km とし、波長 1550 nm における伝送損失を 0.2 dB/km とした。信号光源 10 から出力される信号光のパワーを 0 dBm とし、ラマン増幅器 20 から出力される信号光のパワーを 10 dBm とした。このとき、増幅用光ファイバ 130 における信号光の位相シフト量 Φ_{LRA} は 0.23 rad であり、光ファイバ伝送路 30 における信号光の位相シフト量 Φ_{T} は 0.30 rad であった。このように、増幅用光ファイバ 130 における信号光の位相シフト量 Φ_{LRA} は、光ファイバ伝送路 30 における信号光の位相シフト量 Φ_{T} の $1/2$ 以上であった。

【0041】

図 7 は、本実施形態に係る光伝送システム 1 に含まれるラマン増幅器 20 における入力光スペクトルおよび出力光スペクトルを示す図である。図 8 は、波長 1551 nm の信号光の伝送特性を示す図である。ここでは、4 波長の信号光をビットレート 2.5 Gbps で伝送するものとし、各波長を 1511 nm , 1531 nm , 1551 nm および 1571 nm とした。図 8 では、信号光源 10 から

出力された直後の信号光 (Back to back)、ラマン増幅器を経ること無く長さ 1 0 0 k m の光ファイバ伝送路 3 0 を伝搬した後の信号光 (SMF 100km without FRA)、ラマン増幅器 2 0 から出力された直後の信号光 (Output of FRA)、ラマン増幅器 2 0 を経た後に長さ 1 0 0 k m の光ファイバ伝送路 3 0 を伝搬した後の信号光 (SMF 100km with FRA)、および、ラマン増幅器 2 0 を経た後に長さ 1 5 0 k m の光ファイバ伝送路 3 0 を伝搬した後の信号光 (SMF 150km with FRA) それぞれについて、受光パワーとビットレートとの関係が示されている。この図から判るように、増幅用光ファイバ 1 3 0 の波長分散が負であれば、伝送特性が改善される。ラマン増幅器 2 0 に含まれる増幅用光ファイバ 1 3 0 における自己位相変調の効果に因り、ラマン増幅器を設けない場合と比較して、伝送特性が改善されるだけでなく、ロスバジェットも拡大される。また、四光波混合や相互位相変調の影響は見られない。

【 0 0 4 2 】

本発明は、上記実施形態に限定されるものではなく、種々の変形が可能である。例えば、上記実施形態では増幅用光ファイバの後方から励起光を供給する後方向励起であったが、増幅用光ファイバの前方から励起光を供給する前方向励起であってもよいし、また、双方向励起であってもよい。

【 0 0 4 3 】

【発明の効果】

以上、詳細に説明したとおり、本発明によれば、信号光源から出力された信号光が有する正のチャープは、増幅用光ファイバが有する負の波長分散により補償され、また、増幅用光ファイバにおける自己位相変調によっても補償されるので、この光伝送システムは優れた伝送特性で信号光を伝送することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本実施形態に係る光伝送システム 1 の構成図である。

【図 2】

本実施形態に係る光伝送システム 1 に含まれるラマン増幅器 2 0 の構成図である。

【図 3】

本実施形態に係る光伝送システム 1 の効果を確認する為の実験系を示す図である。

【図 4】

本実施形態に係る光伝送システム 1 の効果を確認する為の実験系を用いた実験結果を示すグラフである。

【図 5】

本実施形態に係る光伝送システム 1 における信号光伝送経路上の信号光パワー P_{signal} の分布を示す図である。

【図 6】

本実施形態に係る光伝送システム 1 に含まれる増幅用光ファイバ 1 3 0 および光ファイバ伝送路 3 0 それぞれの諸元を纏めた図表である。

【図 7】

本実施形態に係る光伝送システム 1 に含まれるラマン増幅器 2 0 における入力光スペクトルおよび出力光スペクトルを示す図である。

【図 8】

波長 1 5 5 1 n m の信号光の伝送特性を示す図である。

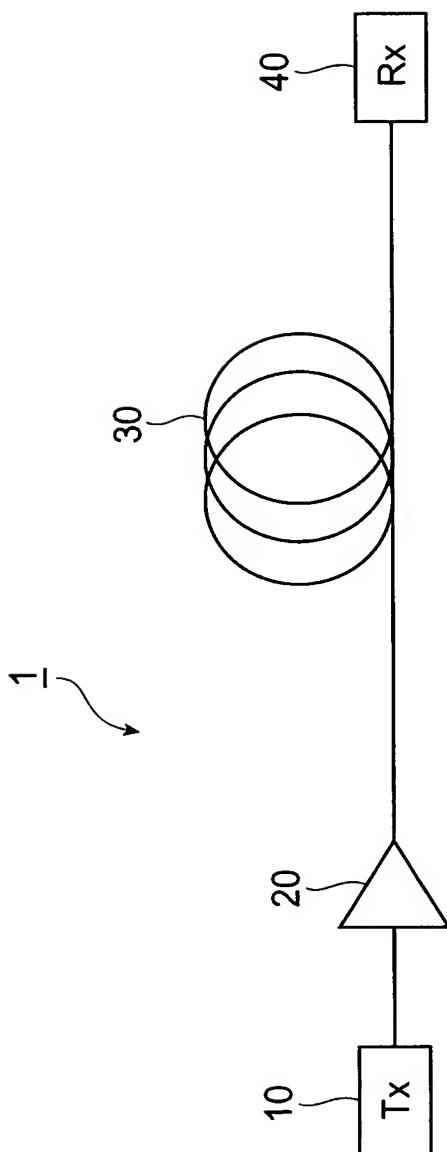
【符号の説明】

1 … 光伝送システム、1 0 …… 信号光源、2 0 … ラマン増幅器、3 0 … 光ファイバ伝送路、4 0 … 光受信器、1 0 1 … 光入射端、1 0 2 … 光出射端、1 1 1 ～ 1 1 3 … 光カップラ、1 2 1, 1 2 2 … 光アイソレータ、1 3 0 … 増幅用光ファイバ、1 4 1, 1 4 3 a, 1 4 3 b … フォトダイオード、1 5 0 … 光合波器、1 5 2 a, 1 5 2 b … レーザダイオード、1 6 0 … 制御部。

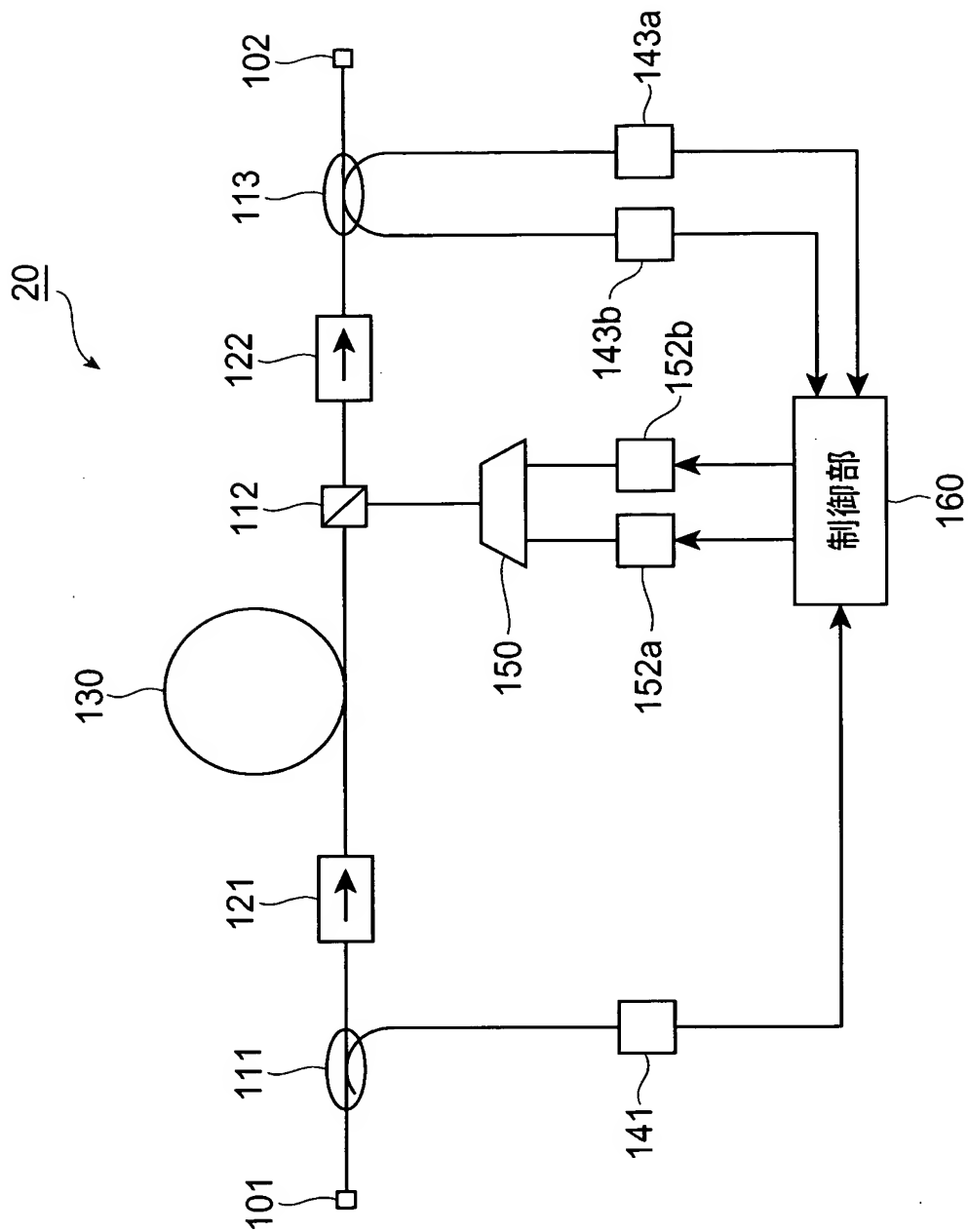
【書類名】

図面

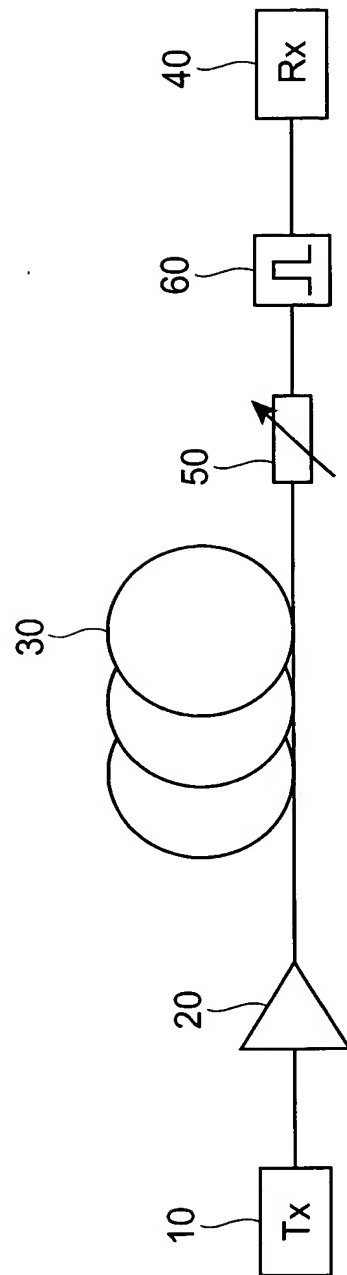
【図 1】



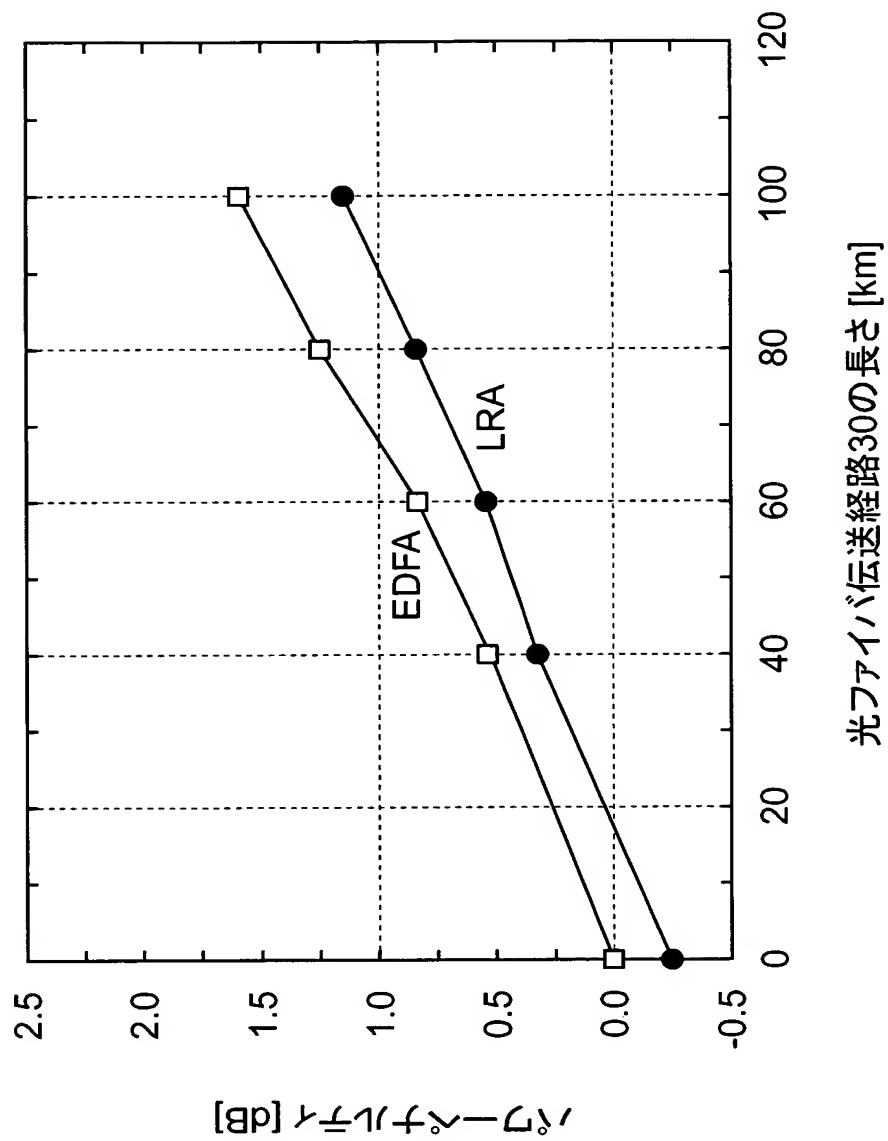
【図 2】



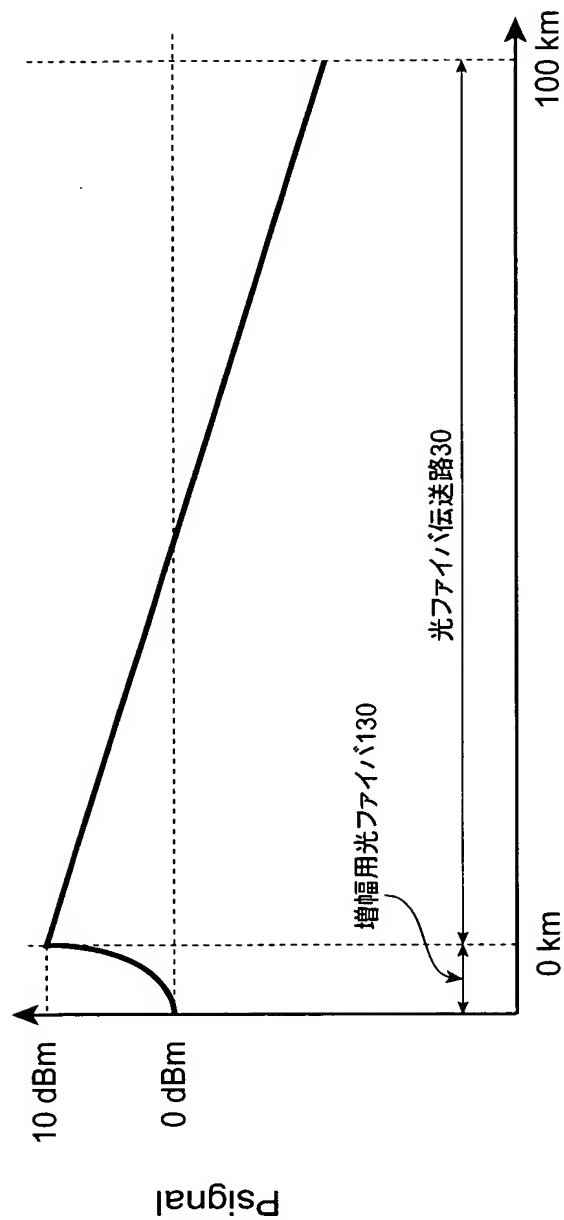
【図 3】



【図 4】



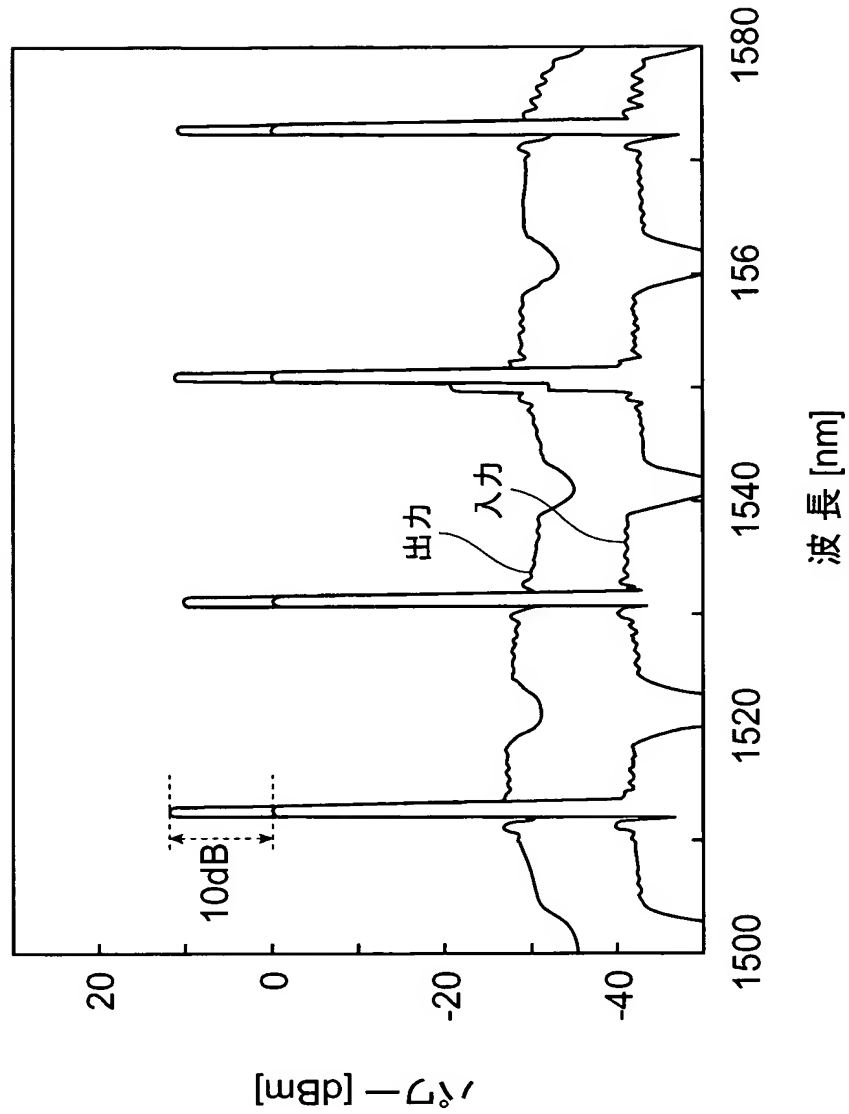
【図 5】



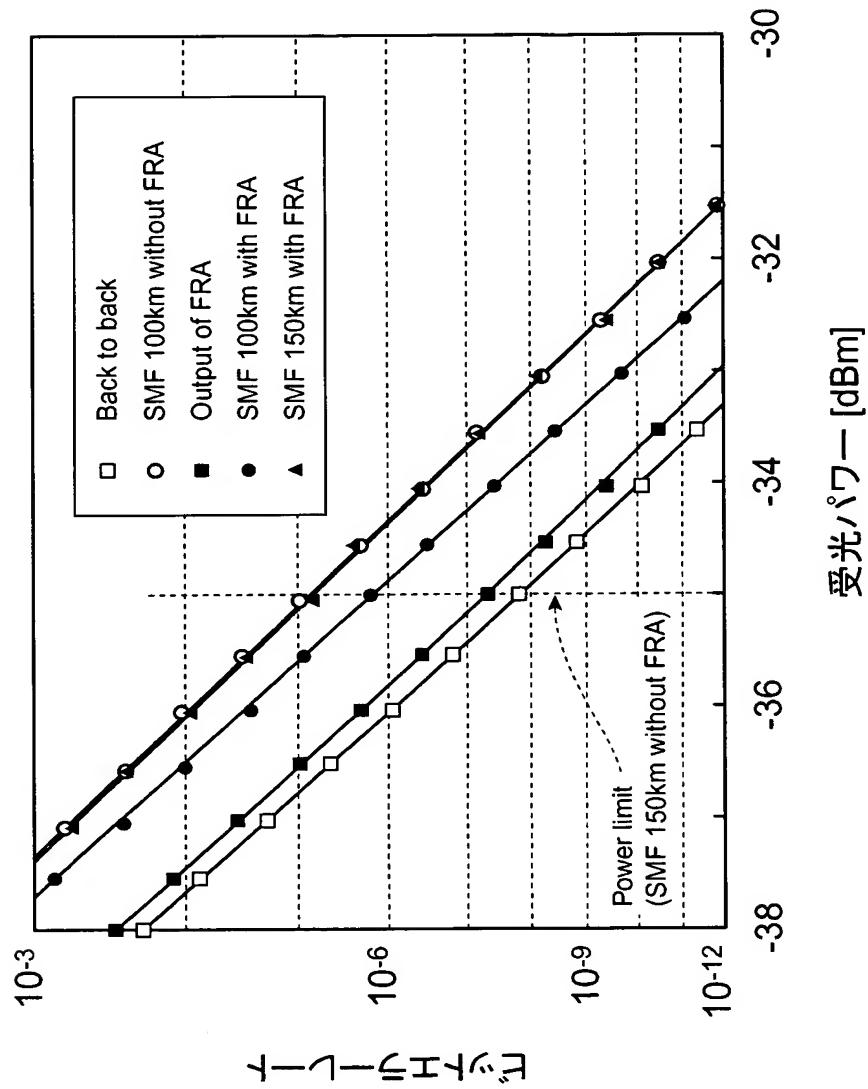
【図 6】

	ラマン増幅用ファイバ130	伝送路ファイバ30
非線形屈折率 n_1 [m^2/W]	5.3	2.9
実効断面積 A_{eff} [μm^2]	9	85
ファイバ長 [km]	3	100
伝送損失 [dB/km]	0.53	0.2
位相シフト量 ϕ [rad]	0.23	0.30

【図 7】



【図 8】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 優れた伝送特性で信号光を伝送することができる光伝送システムを提供する。

【解決手段】 信号光源 1 0 から出力された信号光は、正のチャープを有しており、ラマン増幅器 2 0 によりラマン増幅された後に、光ファイバ伝送路 3 0 を伝搬して光受信器 4 0 に到達し、この光受信器 4 0 により受信される。ラマン増幅器 2 0 に含まれる増幅用光ファイバは、信号光波長において負の波長分散を有する。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 3 - 0 5 7 5 7 5

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 0 0 2 1 3 0]

1. 変更年月日	1 9 9 0 年 8 月 2 9 日
[変更理由]	新規登録
住 所	大阪府大阪市中央区北浜四丁目 5 番 3 3 号
氏 名	住友電気工業株式会社